



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET

Examensarbete 2013:07

Utvärdering av produktions- rapporterad volym för contorta

Evaluation of productionreported lodgepole pine



Kent Gustavsson

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp
Skogsmästarprogrammet 2013:07
SLU-Skogsmästarskolan
Box 43
739 21 SKINNSKATTEBERG
Tel: 0222-349 50

Utvärdering av produktionsrapporterad volym för contorta

Evaluation of productionreported lodgepole pine

Kent Gustavsson

Handledare: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå med minst 60 hp kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2013

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Serienamn: Examensarbete/SLU Skogsmästarprogrammet

Serienummer: 2013:07

Nyckelord: barkfunktion, avverkning, virkesförråd



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Studien har genomförts under sommaren och hösten 2012 och är ett examensarbete på Skogsmästarskolan på uppdrag av Holmen Skog i region Iggesund. Arbetet är på C-nivå och motsvarar 10 veckors heltidsstudier och 15 högskolepoäng.

Med hjälp av min handledare Staffan Stenhag på Skogsmästarskolan och min uppdragsgivare Daniel Högvall på Holmen Skog, som bollplank och mentorer, kunde jag genomföra detta examensarbete på ett bra och genomtänkt sätt. Stort tack till den hjälp jag fått under arbetets gång.

Tack även till Emil Forsberg (Holmen Skog), Björn Hannrup (SkogForsk), John Arlinger (SkogForsk) samt de berörda maskinförare som har tagit sig tid att engagerat sig i projektet. Utan hjälp och vilja av dessa människor hade detta arbete inte kunnat genomföras.

INNEHÅLL

Förord.....	v
1. Abstract.....	1
2. Inledning.....	3
2.1. Virkesmätning	3
2.2. Holmen.....	4
2.3. Syfte.....	5
3. Litteratur	7
3.1. Historik.....	7
3.2. Skogsvårdslagen	9
3.3. Virkesförråd - Avverkning.....	10
3.4. Aggregatet	11
4. Material och metoder.....	15
4.1. Trakter och maskiner	15
4.2. Tillvägagångssätt.....	15
5. Resultat	17
5.1. Maskin och trakt orientering	17
5.2. Trakt 1 avverkad med John Deere 1270 D	17
5.3. Trakt 2 avverkad med Ponsse Dual.....	19
5.4. Trakt 3 avverkad med John Deere 1270 D	21
5.5. Traktsammanställning.....	23
6. Diskussion.....	25
7. Sammanfattning	31
8. Litteraturförteckning	33
8.1. Publikationer.....	33
8.2 Internetlänkar.....	34
9 Bilagor.....	38

1. ABSTRACT

The background to this study is that the forest company, Holmen, has found large discrepancies between harvested volume and the measured volume at the industry. Factors like bark features, breakage, double tops, bends and stem damages was noted, and all stems were measured manually. Hypothesis testing with the method "*random in pairs*" were used to examine whether the harvester measured values significantly differed from the manually measured.

The result of a properly calibrated harvester shows in average underestimation of the volume with *Skogforsk Pine* as a bark function. This means that the harvester isn't the reason why the volume measured in the industry is lower, the fault is elsewhere. The study also indicates a need for a unique bark function for logepole pine.

2. INLEDNING

För att få ut en skogsmästarexamen och kunna titulera sig skogsmästare, krävs att man gör ett kandidatarbete på motsvarande 15 högskolepoäng, vilket innebär tio veckors heltidsstudier. Detta examensarbete är utfört under sommaren 2012, på uppdrag av Holmen Skog, Region Iggesund.

Holmen Skog, Region Iggesund har uppmärksammat stora skillnader mellan produktionsrapporterad volym av *Pinus contorta* och den inmätta volymen inne på industrin och vill nu komma till rätta med problemet. Eftersom den inmätta volymen vid industrin oftast ligger till grund för volymbestämningen och betalningen för skördaren, kommer rapporten att inledas med ett kapitel om virkesmätning. Därefter kommer ett kapitel som kort beskriver skogskoncernen Holmen. Avslutningsvis i inledningen presenteras syftet och frågeställningen för denna studie.

2.1. Virkesmätning

Mätning av virke görs av en rad olika anledningar och sker i olika mätstationer runt om i landet i anknytning till en industri. Det kan handla alltifrån att bestämma virkeslikviden till att styra den enskilda industrins förädlingsarbete efter virkets egenskaper. Vid inmätningen av ett virkesparti bestäms volymen, stycketalet, vikten och dimensionerna, dessutom bedöms virkets beskaffenhet och lämplighetsgrad för det avsedda ändamålet. Virkesmätarna är specialister på virkesmätning och utbildas fortlöpande för att tillgodose näringens krav. Virkesmätarna är anställda av virkesmätningsföreningar och står helt fria ifrån säljare och köpare, allt för att uppnå en opartisk mätning (SDC, 2012, Länk A).

Idag delas Sverige in i tre stycken virkesmätningsområden: VMF Nord, VMF Qbera och VMF Syd, vilka i princip mäter in allt virke som avverkas och skall in till industrin för vidare förädling. De första virkesmätningsföreningarna bildades redan i början på 1900-talet och styrdes helt av köparna, vilket kanske inte alltid blev rättvist. Det var först år 1935 som den första virkesmätningslagen stiftades och dess målsättning var en opartisk mätning av virket. Denna virkesmätningslag hade arbetats fram av de svenska skogsägarföreningarna och som hade för avsikt att det skulle finnas enhetliga regler av hur virke värderas över hela landet. Den lag som gäller idag trädde i kraft år 1967 och det är Skogsstyrelsen som är tillsynsmyndighet och som ser till att lagen efterföljs (Sennblad, 2008).

Allt avverkat virke som går till industrin redovisas hos SDC – ”skogsnäringens IT företag”, spindeln i nätet, där all information om avverkad volym ute i de svenska skogarna insamlas. SDC är en ekonomisk förening med cirka 50 stycken medlemmar spridda över hela landet och SDC samarbetar med bl.a. VMF och Skogforsk. SDC grundades år 1961 och deras grundfilosofi var att förmedla och för enkla informationsflödet mellan skogen och industrin, vilket fortfarande är deras

huvudsyfte. SDC håller reda på den volym som är avverkad, är under lagertransport samt den volym som har blivit inmätt inne vid industrin (SDC, 2012, Länk B).

Virket som kommer till industrin för inmätning mäts in efter en mätinstruktion som är upprättad av Skogsstyrelsen i samråd med virkesmättningsrådet. Lite förenklat kan man säga att det sågtimmer som kommer in till industrin och innehåller mer än en kvalitet, mäts in stockvis och volymbestäms antingen genom toppmätning, topprotmätning eller genom sektionsmätning. Vid kvalitetsbedömning av sågtimmer tar man hänsyn till kvist, krok, avsmalning samt årsringsbredd, till skillnad från massaveden som volymbestäms i trave där vissa avdrag görs för luft, is och snö, krök etc. och där sot, sten, plast eller metallföremål ej får förekomma (SDC, 2012, Länk C). Volymen som har blivit inmätt vid inmätningstationen ligger sedan som betalningsgrund till entreprenören. Entreprenören har oftast i förväg erhållit ersättning för avverkningen baserat enbart på skördar-data, baserat på volym och stamantal, efter en prislista grundad på medelstammen. Efter att volymen blivit känd vid inmätningen, korrigeras ersättningen gentemot entreprenören vid nästa faktureringsstillfälle (Daniel Högvall, Produktionschef, Holmen region Iggesund, personlig kommunikation 2013-02-06).

2.2. Holmen

Holmen är en börsnoterad skogskoncern som tillverkar kartong, tryckpapper och trävaror. Förutom skogsbruk är företaget verksamt inom energiområdet. Verksamheten består av fem stycken affärsområden, tre produktionsinriktade affärsområden, *Holmen Paper*, *Iggesund Paperboard* och *Holmen Timber*, samt två stycken råvaruinriktade affärsområden, *Holmen Skog* och *Holmen energi*. Holmens egna skogsinnehav, som sköts av Holmen själv, bidrar till cirka 60 procent av den årliga virkesförbrukningen, resterande 40 procent är externa inköp (Holmen, 2012, Länk D).

Holmen producerar en betydande del av den energi som man behöver själv. Cirka 30 procent av den årliga energiförbrukningen, samt den energi som används till uppvärmningen i produktionsanläggningar, täcks till stora delar av bioenergi från den egna tillverkningen i processen. Huvuddelen av Holmens produkter, cirka 90 procent, går på export till Europa. Företagets strategi nu och i framtiden, ligger i att vidareutveckla de fem affärsområdena som ingår i koncernen och befästa dess ekonomiska ställning i respektive bransch. Företaget lägger stort fokus på att tillverkade produkter håller en hög kvalitén, samtidigt som produktiviteten i tillverkningen är hög och kostnadseffektiv. För att Holmen skall kunna utvecklas i positiv riktning och befästa sin position i skogsbranschen, skall det finnas ett driv i företaget med ett engagerat ledarskap och kompetenta medarbetare. Holmen strävar för en fortsatt stark finansiell ställning både nationellt och internationellt, samtidigt som man arbetar för en hållbar utveckling av den skogliga resursen och dess utnyttjande, för att även i framtiden kunna stärka företagets utveckling (Holmen, 2012, Länk E).

Det är Holmens stora skogsinnehav i Sverige, cirka 1,3 milj. ha, varav cirka 1 milj. ha utnyttjas till skogsbruk och den egna energitillverkningen, som ligger till grund för Holmens strategi och den framtida utvecklingen inom koncernen. Holmens totala virkesförråd uppskattas till cirka 118 miljoner m³sk varav sex procent, dvs. cirka 7 miljoner m³sk består av contortatall. Den årliga avverkningen på Holmens egna marker år 2011 låg på cirka tre miljoner kubikmeter virke (Holmen, 2013, Länk F). Contortatallen används i huvudsak i Sverige av industrin för tillverkning av pappersmassa, vilket också var det primära syftet med skogsodlingen av denna exot i Sverige. Det har visat sig att contortatallen fungerar bra både till kemisk- och mekanisk massatillverkning. I framtiden när skogar med contortatall blivit äldre och timmerandelen har blivit större, kommer förmodligen contortatallen även att förädlas som sågade trävaror (SkogsSverige, 2012, Länk G).

2.3. Syfte

Man har observerat att skördarens uppskattningar av volymen av *Pinus contorta* ligger tydligt högre än den volym som mäts in på industrin. Syftet med denna studie är att kontrollera om den volym av *Pinus contorta* som skördaren rapporterar in är en överskattning. Om en skillnad föreligger syftar studien till att försöka fånga upp de faktorer som påverkar volymskillnaden mellan den produktionsrapporterade och den manuellt uppmätta volymen av *Pinus contorta*. Några konkreta frågeställningar som denna studie skall försöka finna svar på är följande:

- Överskattar skördaren volymen vid avverkning av contortatall?
- Vilken barkfunktion använder skördarna sig av vid avverkning av contortatall?
- Är bräckage och dubbeltoppar vanligt vid avverkning och i så fall hur påverkar det volymen?

Utifrån dessa frågeställningar skall svar sökas på om skördaren har de rätta förutsättningarna för att rapportera rätt volym och eventuellt klargöra faktorer som bidrar till att volymen inte stämmer överens med den verkliga volymen. Detta är naturligtvis en liten studie, men den kan förhoppningsvis bidra med idéer och uppslag kring vilka orsaker det finns till detta mätfel.

3. LITTERATUR

För att kunna utföra denna studie och driva den framåt, har en litteraturstudie gjorts i förberedande syfte i de ämnesområden som berör detta arbete. Litteraturstudien berör lite historisk bakgrund om när och varför *Pinus contorta* introducerades i Sverige samt lite om trädet i sig och dess utbredning i vårt land. Studien har också försökt fånga upp skördaraggregatets grundprinciper, hur det mäter och vad vi kan vänta oss i framtiden inom teknikutvecklingen.

3.1. Historik

Trädslaget *Pinus contorta* är en tallart som har sitt ursprung i nordvästra Nordamerika och dess utbredningsområde sträcker sig mellan den 30:e breddgraden i norra Mexiko till den 64:e breddgraden i mellersta Yukon och återfinns på varierad altitud, 0 – 3 900 m över havet. *Pinus contorta* växer i sitt hemland i mycket täta bestånd, mellan 5 000 – 10 000 stammar per ha, med ganska klena diametrar, med en hög självgallring. Den höga stamtätheten i bestånden beror på att *Pinus contorta* har självföryngrat sig efter naturligt uppkomna skogsbränder, vilket genererar rikliga plantuppslag, ofta mellan 100 000 – 200 000 plantor per ha (Remröd, 1982). De raka och slanka stammarna uppkomna genom det höga stammantalet, ligger till grund för det amerikanska namnet Lodgepole pine vilket direkt översatt betyder tältstångstallen. *Pinus contorta* användes just pga. dess egenskaper av indianerna till bl.a. tältstänger (Andersson, 1987). Det var först i slutet på 1960-talet som man fick upp ögonen för *Pinus contorta* i kommersiellt syfte, varvid reproduktionsplikt infördes, samt intresset för att bedriva skogsvård och skogsskötsel i bestånd med *Pinus contorta* väcktes (Anon, 1992).

Pinus contorta indelas i tre morfologiska underarter varav den sistnämnda varianten *Pinus contorta* var.*latifolia* är av svenskt intresse (Elving m.fl., 2001).

Tabell 3.1. *Pinus contorta* indelas i tre stycken morfologiska underarter.

Latinskt namn	Engelskt namn	Utbredningsområde
<i>Pinus contorta</i> var. <i>contorta</i>	Shore pine	Stilla havskusten, Alaska till nordvästra Californien
<i>Pinus contorta</i> var. <i>murrayana</i>	Sierra lodgepole pine	Södra inlandet
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>	Lodgepole pine	Norra inlandet, Klippiga bergen, Yukon

Att det blev just underarten *Pinus contorta* var.*latifolia* som odlades i Sverige, har att göra med dess utbredningsområde i sitt hemland, där klimat och markförhållanden är likartade med de som vi har i nordnorden. Av allt att döma utifrån

resultat från provplanteringar i Sverige, är det den variant som passar bäst här (Andersson, 1987). Fortsättningsvis i denna rapport benämns *Pinus contorta* var. *latifolia* endast "contortatall".

Redan i slutet på 1800 talet introducerades contortatallen i Skandinavien för första gången, men i en liten skala och som enstaka träd eller trädgrupper. I början av 1900-talet hade man fått upp ögonen för contortatallen och dess egenskaper, vilket gjorde att mellan åren 1910 till 1935 anlades ett antal försöksytor i Sverige och Finland, som i ett senare skede visade på god tillväxt och hög överlevnad, vida överlägsen den inhemska tallen (Hagner, 1989).

Contortatallen är snabb att etablera sig, viket förmodligen beror på dess snabba rottillväxt. Genom sin höga produktion av små och många rötter, får contortatallen mycket näring som genererar en snabb höjdtillväxt och en stor barmassa i ungdomen. Detta ändrar sig när beståndet sluter sig och trädet lägger mera näring till stamproduktionen. Den har högre hårdighet mot frost och låga temperaturer, men är något känsligare för vind och snöbrott. Contortatallen har en bättre stamform och en lägre barkprocent än den inhemska tallen. Förmodligen har just dessa faktorer styrt användningen av contortatallen till områden som varit svåra att föryngra med våra inhemska trädslag (Nordgren & Elfving, 1995). Contortatallen kan vid rätt proveniensval och förädling, producera cirka 40 procent mer fibrer än vanlig tall, oavsett bonitet och cirka 25 procent bättre än förädlad material av den vanliga inhemska tallen (Ståhl, 2009).

Contortatallen anses vara ett vitalt trädslag, starkt motståndskraftig mot den inhemska tallens vanligaste svampsjukdomar som t.ex. gråbarrsjuka och knäcksjuka. Eftersom contortatallen har en snabb höjdtillväxt i ungdomen klarar den även snöskyttesvampen bättre än vår inhemska tall, vilket borde bero på att den växer snabbare ur snöskiktet (Nordgren & Elfving, 1995). Däremot har det visat sig att contortatallen kan drabbas av skadesvampen gremieniella (*Gremieniella abietina*). Det var i slutet på 1980-talet som stora områden med contortatall drabbades av gremieniella, vilket man tror berodde på planteringar på fel marker för trädslaget och ett gynnsamt väderförhållande för gremieniellavampen (Cory, 2010). Contortatallen är också relativt förskonat från betning av älg, medan däremot sorken verkar tycka om trädslaget.

Ett citat från den finländske skogsforskaren C.G. Tigerstedt år 1927 om contortatallens produktion följer nedan:

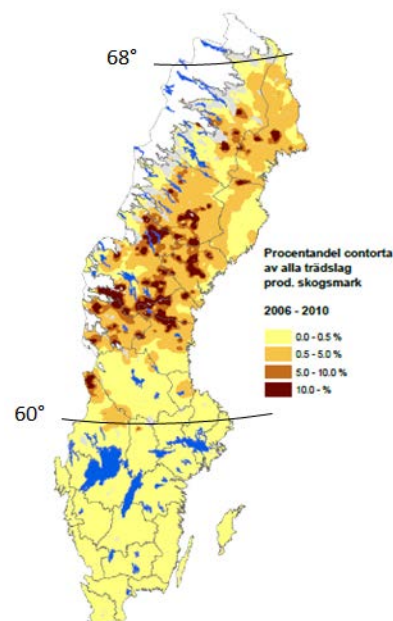
"Dess i ungdomen utomordentliga snabbvuxenhet och dess förmåga att uthärda sidoskugga betingar en massaproduktion, som vida överträffar våra inhemska trädslags. Denna utomordentliga tillväxt kan säkert genom lämplig beståndsvård ytterligare kraftigt stegras utöver den naturliga. Man har välgrundad anledning förmoda, att denna tallart vid 35 – 40 års ålder – då måhända tillväxten kulminerar – skall kunna producera 350 – 400 m³sk ved per ha, med ringa kärnhalt, varav 250 – 300 m³sk blir användbara som råmaterial vid sulfitprocessen".

Citatet av C.G. Tigerstedt visar att redan på 1900-talets första hälft, år 1927 hade man fått upp ögonen för contortatallens förmåga att snabbt producera fibrer

vilket har varit den bidragande orsaken till beskogningen av detta trädslag i Sverige. Under 1940 och - 50 talet, bestod de norrländska svenska skogarna i stor utsträckning av gamla restskogar, uppkomna efter plockhuggningar som var den skogsbruksmodell som man fram till dess använt sig av. Gagnvirket plockades ut ur skogarna, samtidigt som intresset för återbeskogning var lågt, vilket genererade lågt producerande skogar med små virkesvolymen som inte skulle räcka till industrins framtida behov. Svenskt skogsbruk stod inför ett vägval; hur skulle den svenska skogen brukas i framtiden för att bygga upp virkesförråd och slippa en eventuell framtida virkessvacka och kunna bli ekonomiskt konkurrenskraftig internationellt? Svenskt skogsbruk förändrades, från den i allmänt använda plockhuggningen till det traktskogsbruk som vi har idag. Intresset för contortatall som ett alternativ till våra inhemska trädslag blev samtidigt stort (Hagner, 1989). Det var dock först i slutet på 1960-talet som användningen av contortatall slog igenom med kraft i de svenska skogarna och med flera aktörer som började odla fram eget plantmaterial, för beskogning av sina egna marker med denna snabbväxande exot (Hägglund m.fl., 1979). Det var framförallt dåvarande Iggesunds Bruk AB, SCA, Uddeholm och Bergvik & Arla som var de drivande och gick i bräschen för att exploatera denna tallart i Sverige (Hagner, 1989).

3.2. Skogsvårdslagen

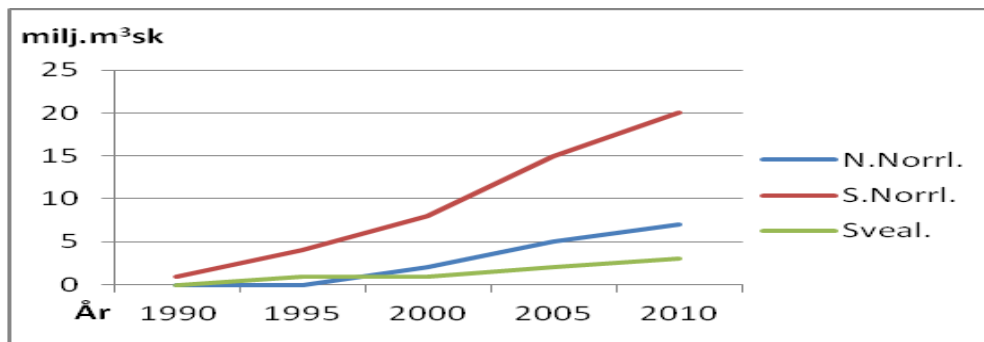
Contortatallen räknas som en exot i Sverige och hör inte till våra inhemska trädslag, vilket innebär ett ansvarsfullt användande. I Sverige finns det restriktioner i vilken utsträckning contortan får användas, vilket regleras av Skogsstyrelsen. Skogsstyrelsen begränsar contortans användning till skogsområden från den 60:e till den 68:e latituden och på altituder mellan 150 till 750 meter. Söder om 60:e latituden får contortatallen inte användas, med undantag inom Värmlands och Örebro län som kan skogsodlas t.o.m. 59°30'. Figur 3.1 visar produktiv skogsmark som är skogsodlad med contortatall. Skogsstyrelsen reglerar även hur nära nationalparker och naturreservat man får använda contortatall till skogsodlingsmaterial, vilket ståndortsindex den skall planteras på och den årliga tillåtna odlingsarealen. Bestånd med contortatall får inte odlas närmare än en kilometer från en nationalpark eller ett naturreservat och inte odlas på marker med ståndortsindex högre än T24 eller G24. Skogsstyrelsen reglerar även den areella användningen av exoter, varav nyplantering av contortatall är begränsat till 14 000 ha per år (Skogsstyrelsen, 2011).



Figur 3.1. Procentandel contortatall på produktiv skogsmark. Källa: Riksskogstaxeringen 2005-2009.

3.3. Virkesförråd - Avverkning

Contortatallens popularitet och dess areella exploatering kulminerade i mitten av 1980-talet, då cirka 40 000 ha skogsmark årligen planterades med contortatall, vilket sedan minskade kraftigt till låga 1 700 ha år 2002. I Sverige återfinns contortatallen i Norrland, med tyngdpunkt i Södra Norrland, där cirka 67 procent av contortatallens totala virkesförråd i landet återfinns. Cirka 25 procent finns i Norra Norrland och resterande andel är utspridd i södra Sverige. Under senare år har intresset återkommit till contortatallens fördel. Mellan åren 2007 till 2010 planterades årligen cirka 6 000 ha med denna exot. Skogar i Sverige med ett inslag av contortatall som täcker mer än 65 procent av grundytan, uppmättes till en total areal på drygt 475 000 ha år 2010 (Cory, 2010). Det totala virkesförrådet av contortatall i Sverige uppgick år 2011 till cirka 30 milj. m³sk, vilket motsvarar cirka en procent av Sveriges totala virkesförråd. Dess volymutveckling och landsfördelning mellan år 1990 – 2010 illustreras i fig.3.2 (Skogsstyrelsen, 2011).



Figur 3.2. Contortatallens totala virkesförråd i Sverige och dess utveckling mellan åren 1990 – 2010, samt dess fördelning på landsdel. Källa: Riksskogstaxeringen

Idag, cirka 40 år efter att contortatallen introducerades till Sverige för storskaligt bruk, har 50 procent av contortaskogarna uppnått gallringsmogen ålder (Cory, 2010). I stort sett kan skötseln av contortatallen skötas som vår planterade inhemska tall, men med vissa undantag. Gallringen av contortatallen bör ske i ett tidigare stadium än den inhemska tallen, när trädet har uppnått en höjd mellan 11 och 13 meter. Jämfört med den inhemska tallen tål contortatallen ett tätare bestånd och förlorar produktion om den gallras för hårt, varav en svagare gallring rekommenderas. Contortatallen är mera känslig för vindfällen efter gallring än den inhemska tallen och bestånd planterade med paperpot bör lämnas orörda då risken för vindfällen är extra stor (SkogForsk, 2013, Länk H). Gallring av contortatall enligt Holmens riktlinjer, skall en förstagallring ske i ett tidigt stadium, före det att trädet nått 11 meters höjd. Ogallrade bestånd som har uppnått 15 meters höjd lämnas ogallrade. Bestånd som står på fuktiga och finkornsrika ståndorter (granmarker), är extremt vindexponerade, visar tecken på instabilitet eller växer i snöexponerade höjdlägen lämnas även de ogallrade (Holmen, 2013, Länk I).

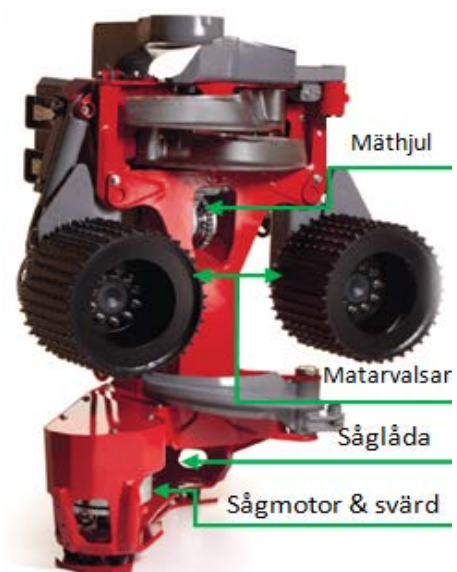
Exakt hur mycket contortatall som avverkas årligen av Holmen är inte lätt att säga. Av Holmens tre regioner; region Örnsköldsvik, region Iggesund och region Norrköping, är det endast region Iggesund som särredovisar contortatallen vid

apteringen i skördaren. Region Örnköldsvik redovisar avverkad contortatall som barrmassa vid apteringen, vilket gör det svårt att uppskatta de exakta volymerna. År 2012 var redovisad volym contortatall på region Iggesund i storleksordningen 103 000 m³fub. Det mesta av avverkade volymer av contortatall levereras till egna industrier för region Iggesund. För region örnköldsvik levereras contortatallen till Obbola (Ambjörn Forslund, Drivning & Skogsbränsle region Örnköldsvik, personlig kommunikation 2013-02-27).

3.4. Aggregatet

Teknikutvecklingen går framåt och jakten på en säkrare mätning och en bättre logistik efterfrågas av skogsnäringen. Intresset för en betalningsgrundad skördarmätning är stor i branschen, men det ställer höga krav på aggregatet och dess mätnoggrannhet. Detta med betalningsgrundande skördarmätning är faktiskt något som redan i dag praktiseras ute i fält. En av de första att tillämpa det var Weda Skog, som redan för cirka tio år sedan började köpa sitt virke baserat på skördarmätningen (Möller, 2003). En teknikutveckling för skördaraggregat och något som kanske blir till en realitet i framtiden, är att utveckla en beröringsfri mätning, där mätningen sker med laser. En beröringsfri mätning kan leda till en säkrare mätning av stammen där man slipper riskera att mätthjulet mister kontakten med stammen och att mätningen av diametern blir oberoende av kvistknivarna. I ett test utfört av Skogforsk och som ligger på försöksnivå, kan man läsa om ett genomförande av en beröringsfri mätning som inte bara mäter diameter och längd, utan också fibervinkeln och stammens krökar. Testet visar att det finns en potential för beröringsfri mätning i framtiden, men tekniken är ännu inte riktigt där än (Andersson, 2008).

I dag finns det ett antal olika tillverkare av skördaraggregat på skogsmarknaden och all skog i Sverige, med få undantag, avverkas med en engreppsskördare. Vilket aggregat man väljer att använda är mera en smaksak än en fråga om skillnad i precision, då de med rätt förutsättningar dvs. om aggregaten är rätt kalibrerade, kan mäta volymer riktigt nära verkligheten (Möller, 2007). För att kvalitetssäkra volymmätningen gjord av skördaren, har Skogforsk, tillsammans med bl.a. VMF Qubera, SDC, VMR, ett antal skogsbolag och skogsägarföreningar, utvecklat en arbetsrutin för kalibrering av skördaraggregatet. Tekniken innebär kortfattat att apteringsdatorn slumpar ut stammar som maskinföraren mäter med en dataklave och måttband. Mätresultatet jämförs sedan med skördarens apteringsdata. Resultatet av kontrollerad mätdata



Figur 3.3. Logmax5000D
Källa: Logmax

sänds dagligen till en datacentral för revision, som sedan fördelas till berörda parter (Möller, 2006).

Kortfattat kan man beskriva aggregatets delar och funktioner enligt följande. Rotskärsdiametern är ett av de viktigaste måtten man bör beakta på ett aggregat och detta bör vara anpassat till det arbete man skall utföra. Det dominerande fälldonet består av ett svärd med kedja, som för bästa kapning bör sitta vinkelrätt mot trädets fällrikning. Nertill på aggregaten finns en såglåda, vars uppgift är att skydda svärdet och sågmotorns placering. I alla aggregat styrs träden av det främre kvistdonet, medan övriga styrpunkter kan skilja sig mellan olika fabrikat. Man bör undvika att ha fler än två styrpunkter i aggregatet, då det har visat sig att fler styrpunkter försvårar genommatningen av trädet. Förutom att det främre kvistdonet används till kvistning, kompletteras den primära kvistningen med två rörliga kvistarmar på de flesta aggregat. Gemensamt för alla aggregat är att de använder matarhjul för genommatning av trädet genom aggregatet. Matarhjulens placering kan variera mellan aggregat och fabrikat. De kan också bestå av alltifrån genuina stålhjul med dubbar, till luftfyllda gummihjul med kedjor (Möller, 2000).

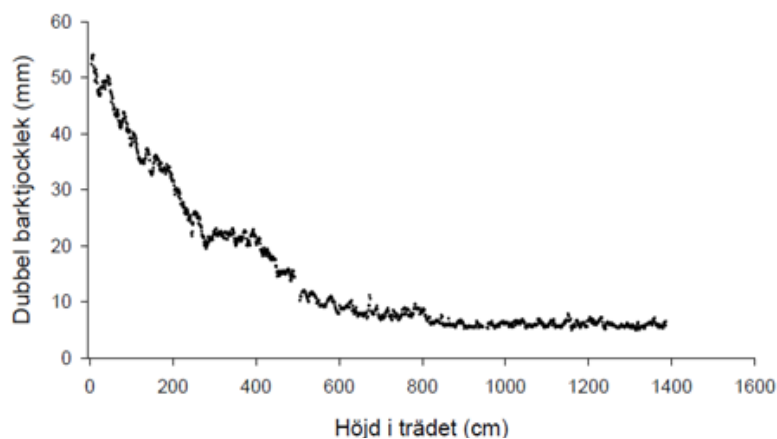


Figur 3.4. H270 aggregat. Matarhjul av gummi och kedjor.

Vid mätning av diametern används i de flesta fall på marknaden idag kvistknivar. Det finns dock ett fåtal varianter av aggregat som mäter diametern mha. matarvalsarna. Diametermätningen sker löpande dvs. aggregatet mäter diametern med ett intervall på en till max två cm mellan mätpunkterna längsmed stammen. Dessutom är aggregatet konstruerat för att aldrig öka diametern under pågående process, viket styrs i skördardatorn. I de fall där kvistknivarna används till diametermätning, mäts diametern på tre punkter på kvistknivarna (Björn Hannrup, Teknik & Virke, Skogforsk, personlig kommunikation 2012-09-18). För att mäta stocklängden, används i de allra flesta fall ett mätthjul som är placerat i stockbanans botten. Mätthjulets funktion är att rulla på stocken vartefter stocken matas fram genom aggregatet. Mätthjulet är kopplat till en pulsgivare som registrerar mätthjulets rotation när stocken matas fram genom aggregatet och som överför stockens längddata vidare till skördardatorn. Det är av stor betydelse att trycket på mätthjulet mot stammen är väl anpassat för att få en korrekt längdmätning. Detta kan skilja mellan årstiderna. Det är också viktigt att kvistknivarna orkar hålla upp stammen mot mätthjulet (Berg, 1992).

Skördaraggregatet mäter volymen av en stam på bark, men eftersom industrin är intresserad av diametern under bark, används av skördaren en matematisk formel för att avräkna barkprocenten. Variabler som latitud, altitud, diameter i brösthöjd (1,3 m), ålder, diameter på bark och dubbel barktjocklek är exempel av

variabler som ligger till grund för dessa barkfunktioner (Hannrup & Lundgren, 2012). Dessa barkfunktioner skiljer sig åt mellan trädslagen. I dagsläget finns det inga barkfunktioner för contortatall som är direkt anpassade för användning i skördare, utan Skogforsk rekommenderar att barkfunktion för gran används då den är mer lik contortatallen i barken än den inhemska tallen. Flera skogsföretag har uppmärksammat behovet av detta, vilket har gjort att Skogforsk avser att utveckla en barkfunktion för contortatall (Björn Hannrup, Teknik & Virke, Skogforsk, personlig kommunikation 2012-09-18). Figur 3.5 nedan är ett exempel för tall, som visar hur barktjockleken ändras efter höjden på trädet (Hannrup, 2004).



Figur 3.5. Ett exempel på sambandet mellan dubbel barktjocklek och trädets höjd för tall (Hannrup, 2004).

Vid användning av tallens barkfunktion vid avverkning av contortatall, riskerar skördarens uppskattning av volymen under bark att bli för låg, då tallens rotstock ofta har en grov skorp bark vid grövre dimensioner (Johan Möller, Teknik & Virke, Skogforsk, personlig kommunikation 2012-07-03).

4. MATERIAL OCH METODER

Detta kapitel kommer inte bara att beskriva tillvägagångssättet för hur datainsamlingen gick till och vilka redskap som användes, utan dessutom redogöra för vilka maskintyper som brukades och vilka förutsättningar de hade för denna studie. Studien är en utvärdering av hur bra skördaren egentligen uppskattar volym under bark på contortatallen med de förutsättningarna som maskinen har. För att undersöka detta och samla in data, besöktes under augusti månad år 2012 tre stycken trakter på Holmens marker i nordvästra Hälsingland.

4.1. Trakter och maskiner

Trakterna som besöktes bestod dels av gallrad och dels av ogallrad contortatall och varje trakt avverkades med olika maskiner. För att kunna få ett tillförlitligt och rättvist datamaterial från avverkningen, fick maskinföraren före avverkningen tid att kalibrera sin maskin efter bästa förmåga. Volymvärdena som skördaren levererade jämfördes sedan med den manuellt beräknade volymen under bark, där det sistnämnda i denna studie kommer att utgöra facit. Detta gjordes för att undersöka om maskinen levererar rätt volym under bark med de inställningar som finns i skördardatorn.

De tre maskiner som användes i denna studie framgår av tabell 4.1 nedan.

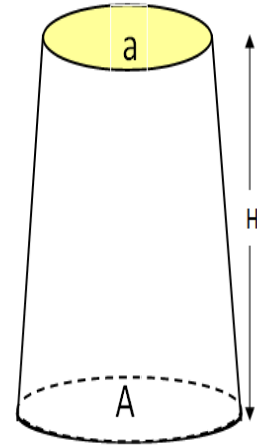
Tabell 4.1. En sammanställning av de maskiner som användes i studien.

Skördare	Trakt	Aggregat
John Deere 1270 D	Grönhälsberget	H754
Ponsse Dual	Ässjöberget	Logmax 5000 D
John Deere 1270D	Flyktnölen	H752

4.2. Tillvägagångssätt

För att kunna införskaffa ett tillräckligt stort underlag för att jämföra data från skördaren med data från en manuell kubering bestämdes att 30 stycken slumpmässigt utvalda contortatallar på varje trakt skulle ingå i studien. När urvalet av träd gjordes fick en tärning vara den slumpgenererande faktor som avgjorde var studien skulle påbörjas. På vart och ett av de tre objekten märktes 30 stycken träd som stod i linje upp med taxeringsfärg före skördningen. För att särskilja träden efter att de hade avvercats, gjordes separata stockhögar, där ett träd representerar en hög, i samma ordning som de stod. Varje enskild stock barkades och kuberades manuellt efter apteringen på förutbestämda mätpunkter, där längd, diameter och barktjocklek mättes (se bilaga 1).

För att mäta diametern under bark på stockarna användes en barkspade för att avlägsna barken och en dataklave av märket Haglöf till diametermätningen. Diametern togs fram genom korsklavning på varje mätpunkt där sedan medelvärdet av dessa två mätningar på varje punkt fick definiera den verkliga diametern. Barktjockleken uppmättes med hjälp av en barkmätare. Eventuella slirskador och bräckage uppkomna av skördaren, samt krökar och dubbeltoppar noterades utifall dessa utgjorde några avvikelser. När alla data hade samlats in bearbetades allt material i MS-Excel där den manuellt kuberade volymen räknades fram sektionsvis med hjälp av formeln för en stympad kon $(A+a+\sqrt{A * a})/3 * H$.



Figur 4.1. Illustrerar teckenförklaring för formeln av en stympad kon.

Volymskillnaden mellan den manuellt bestämda och den skördarmätta volymen ingick sedan i en hypotesprövning där metoden "*stickprov i par*" användes för att undersöka om de skördarmätta värdena signifikant översteg de manuellt beräknade.

5. RESULTAT

Resultatet kommer att presenteras genom att varje trakt redovisas var för sig under tre olika rubriker. Resultat från varje trakt presenteras dels som total skördarmätt kontra manuellt beräknad stamvolym och dels som relativ skillnad i stamvolym vid olika barkfunktioner. Sambandet mellan den skördarmätta volymen kontra den manuellt beräknade volymen redovisas i ett spridningsdiagram. Resultatdelen kommer att avslutas med ett kapitel som redovisar den totala volymen på varje trakt och som redovisas i en tabell, samt två sambandsdiagram där alla stammar från de tre trakterna ingår.

5.1. Maskin och trakt orientering

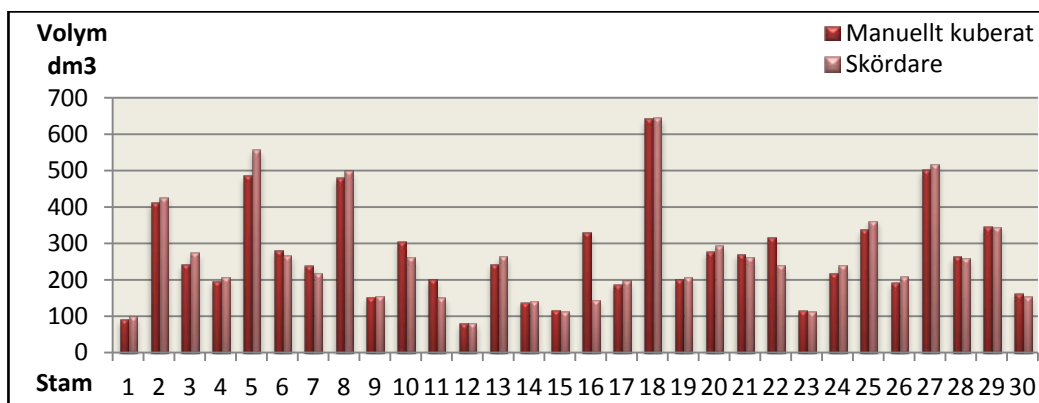
Tre olika maskiner på tre olika trakter ingick i denna studie och presenteras i tabell 5.1 nedan.

Tabell 5.1. Visar vilka maskiner som ingick i studien och på vilken trakt.

Kapitel	Maskin typ	Område
5.2.	Trakt 1 avverkad med John Deere 1270 D	Hassela
5.3.	Trakt 2 avverkad med Ponsse Dual	Hassela
5.4.	Trakt 3 avverkad med John Deere 1270 D	Brännås

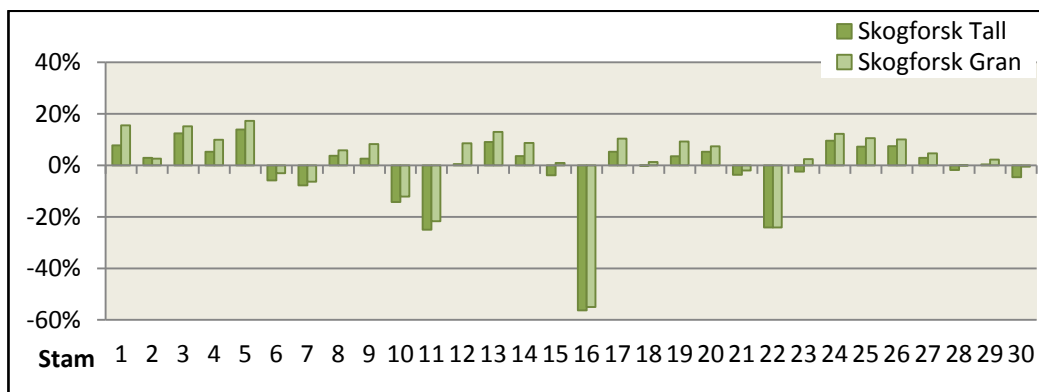
5.2. Trakt 1 avverkad med John Deere 1270 D

Trakt 1 är belägen i trakterna kring Hassela i nordvästra Hälsingland, Grönhällsberget. Skördaren som användes var en John Deere 1270 D med ett H 754 aggregat. Den manuellt beräknade medelstammen var $269,5 \text{ dm}^3$ och den skördarmätta medelstammen var 265 dm^3 . I figur 5.1. nedan kan man utläsa skillnaderna mellan den skördarmätta volymen och den manuellt kuberade volymen stamvis.



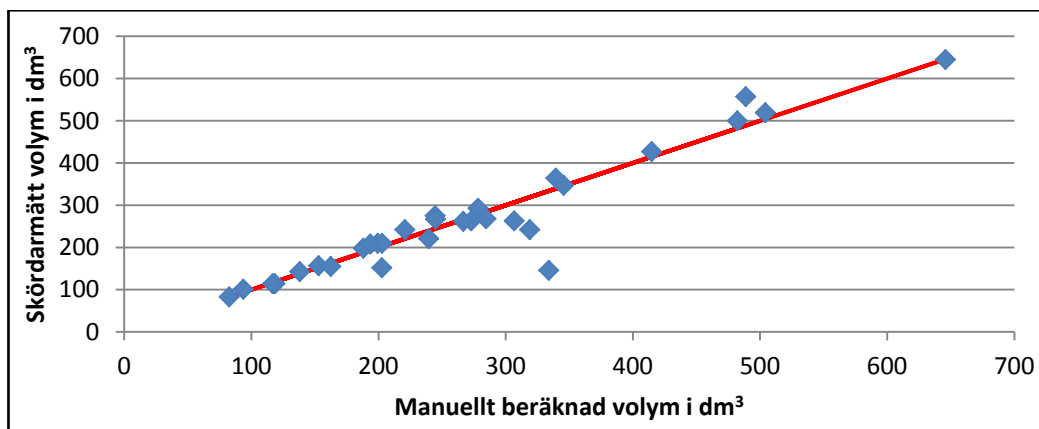
Figur 5.1. Illustrerar skördarmätt volym kontra manuellt kuberad volym av contortatall på trakt Grönhällsberget.

Resultatet från skördaren visar att den använder *Skogforsk Tall* som barkfunktion vid avverkning av contortatall. Skördarens volym av hela samplet visar på en underskattning med -1,7 procent. På mer än hälften dvs. 53 procent av stammarna visar resultatet på en överskattning av stammarnas volym, medan 37 procent visar på en volymunderskattning på denna trakt jämfört med den beräknade volymen. Den relativa volymskillnaden mellan den skördarmätta volymen illustreras stamvis i figur 5.2. nedan.



Figur 5.2. Illustrerar den relativa volymskillnaden av den skördarmätta utifrån den manuellt beräknade volymen av contortatall på trakt Grönhälsberget med olika barkfunktioner.

Sambandet mellan den manuellt beräknade och den skördarmätta stammen redovisas i figur 5.3 nedan och där den enskilda stammens volym illustreras av de blå punkterna. En punkt ovanför det röda strecket visar på att skördaren har en högre volym än den manuellt beräknade volymen, medans en punkt under det röda strecket visar på att skördaren en lägre volym än den manuellt beräknade volymen.



Figur 5.3. Spridningsdiagrammet visar sambandet mellan den manuellt beräknade volymen och den skördarmätta volymen vid användning av barkfunktionen *Skogforsk Tall*. Den röda linjen illustrerar var punkterna borde hamna om de två volymuppskattningarna stämde överens med varandra.

Stammar som var utsatta för bräckage, dubbeltoppar, slirskador och krökar noterades för att undersöka om dessa faktorer påverkade volymen för enskild stam. I

tabell 5.2. som följer här nedan finns nummer på de stammar som hade diverse defekter. Resultatet i figur 5.2. visar att tre av de som hade dubbeltopp, stam 10, 11 och 22, avviker ganska stort i volym ifrån den manuellt kuberade volymen. Avvikelsen på stam 16 är svårare att förklara.

Tabell 5.2. Tabellen visar vilka stammar som har dubbeltoppar, slirskador och krökar.

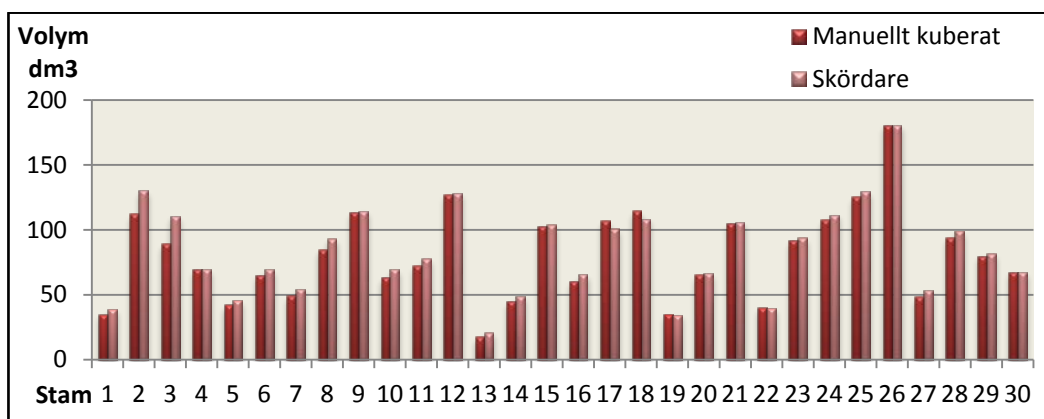
Dubbeltoppar	Stam nr:	6, 10, 11, 19, 20, 22, 25
Slirskador	Stam nr:	1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28
Krök	Stam nr:	9, 10, 22

Genom att omräkna skördarens volym från barkfunktionen *Skogforsk Tall* till *Skogforsk Gran*, ökar medelstammen från 265 dm³ till 272 dm³ och skördaren går från att underskatta volymen av hela samplet med -1,7 procent till en överskattning på +0,9 procent.

Sammanfattningsvis för trakt 1 framgår att volymen skulle bli högre och stämma bättre överens med den manuellt beräknade volymen vid användning av *Skogforsk Gran* som barkfunktion. Det som framgår av figur 5.2. är att volymen generellt blir något högre vid användning av *Skogforsk Gran*. Detta är dock något som endast kan antas gälla vid den givna medelstammen. Genom hypotesprövning med metoden *stickprov i par* går det inte att påvisa ett systematiskt fel i skördarmätningen med den förinställda barkfunktionen då skillnaderna är för små. Ett större sampel måste i sådana fall tas.

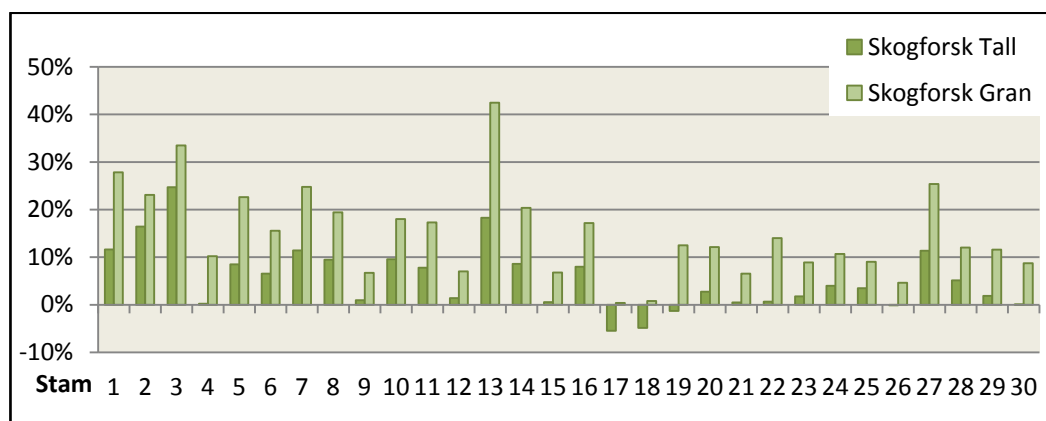
5.3. Trakt 2 avverkad med Ponsse Dual

Trakt 2, Ässjöberget, är också beläget i trakterna kring Hassela i nordvästra Hälsingland. Skördaren som användes var en Ponsse Dual med ett aggregat av typen Logmax 5000D. Den manuellt uppmätta medelstammen beräknades till 80,6 dm³ medan den skördarmätta visade en medelstam på 84,2 dm³. I figur 5.4. nedan kan man utläsa skillnaderna mellan den skördarmätta volymen och den manuellt kuberade volymen stamvis.



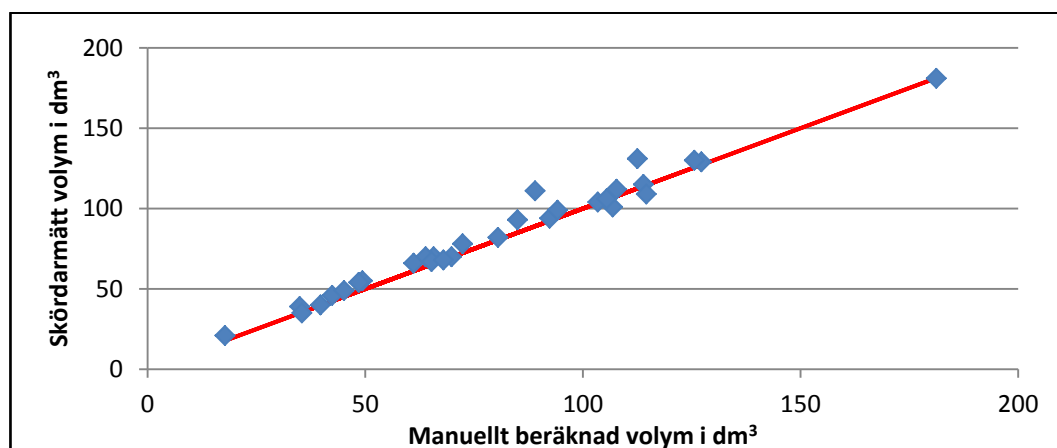
Figur 5.4. Illustrerar skördarmätt volym kontra manuellt kuberad volym av contortatall på trakt Ässjöberget.

Analys av data från denna skördare visar att man använder *Skogforsks Tall* som barkfunktion vid avverkning av contortatall, vilket stämmer väl överens med den tidigare trakten. Antalet stammar som överskattar volymen i detta sampel uppgår till 24 stycken dvs. 80 procent. Skördarens totala volym av samplet visar på +4,4 procent överskattning med den barkfunktion som skördaren var förinställd på. Den relativa volymskillnaden mellan den skördarmätta volymen illustreras stamvis i figur 5.5. nedan.



Figur 5.5. Illustrerar den relativa volymskillnaden av den skördarmätta utifrån den manuellt beräknade volymen av contortatall på trakt Ässjöberget med olika barkfunktioner.

Sambandet mellan den manuellt beräknade och den skördarmätta stammen redovisas i figur 5.6 nedan och där den enskilda stammens volym illustreras av de blå punkterna. En punkt ovanför det röda strecket visar på att skördaren har en högre volym än den manuellt beräknade volymen, medans en punkt under det röda strecket visar på att skördaren en lägre volym än den manuellt beräknade volymen.

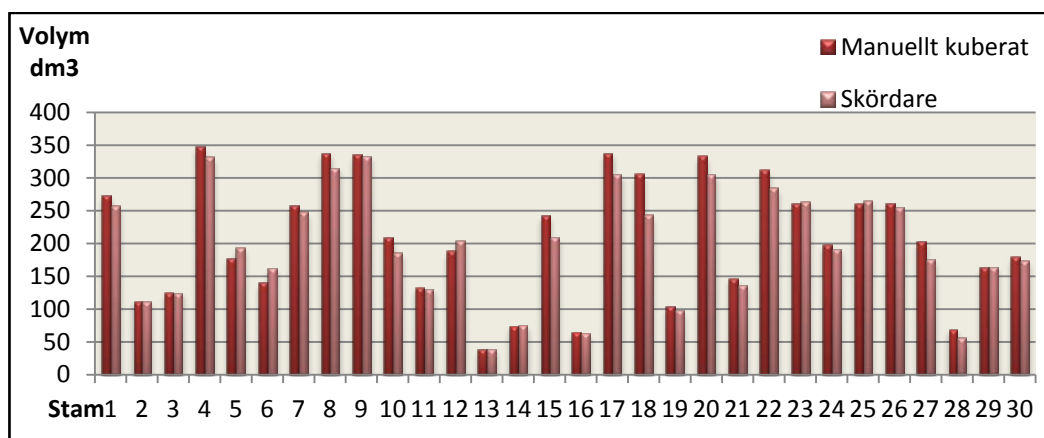


Figur 5.6. Spridningsdiagrammet visar sambandet mellan den manuellt beräknade volymen och den skördarmätta volymen vid användning av barkfunktionen *Skogforsk Tall*. Den röda linjen illustrerar var punkterna borde hamna om de två volymuppskattningarna stämde överens med varandra.

Genom att omräkna skördarens volym från barkfunktionen *Skogforsk Tall* till *Skogforsk Gran*, ökar medelstammen från 84,2 dm³ till 90,6 dm³. Skördarens volymöverskattning av samplet stiger från +4,4 till +12,4 procent, vilket är en ökning med 8 procentenheter. Genom hypotesprövningen *stickprov i par* med *Skogforsk Tall* som barkfunktion kan vi med 99,9 procents säkerhet säga att denna skördare överskattar volymen vid given medelstam.

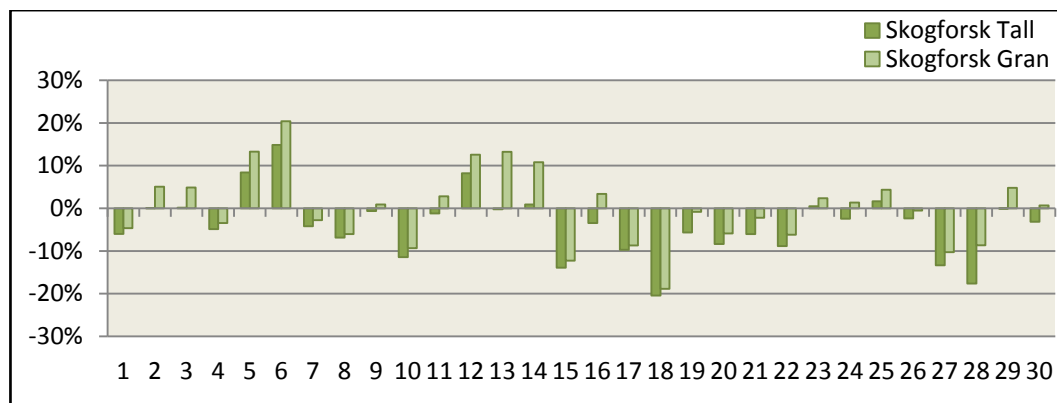
5.4. Trakt 3 avverkad med John Deere 1270 D

Trakt 3, Flyktnölen, är belägen norr om Brännås i nordvästra Hälsingland. Skördaren som användes var en John Deere med ett H 752 aggregat. Den manuellt uppmätta medelstammen beräknades till 207,5 dm³ medans den skördarmätta visade en medelstam på 197,6 dm³ I figur 5.7. nedan kan man utläsa skillnaderna mellan den skördarmätta volymen och den manuellt kuberade volymen stamvis.



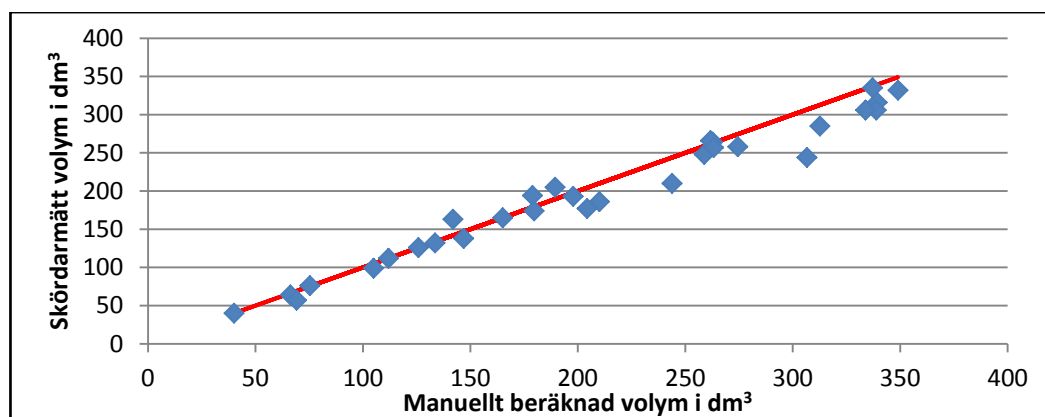
Figur 5.7. Illustrerar skördarmätt volym kontra manuellt kuberad volym av contorta på trakt Flyktnölen.

Analys av data från denna skördare visar att man även här använder barkfunktion *Skogforsk Tall* vid avverkning av contortatall, vilket stämmer väl överens med de tidigare trakterna. Det som skiljer sig från de övriga två maskinerna är att på denna finns en trasig diametergivare, vilket skulle kunna förklara den generella underskattningen av stammarna i figur 5.7. Sammantaget underskattas volymen på 20 stycken stammar dvs. 67 procent av skördaren, jämfört med den manuellt beräknade volymen. Skördaren redovisar en medelstam på 197,6 dm³ och den manuellt beräknade volymen visar en medelstam på 207,5 dm³. Skördarens totala volym av samplet visar en underskattning på -4,8 procent med den barkfunktion som skördaren var förinställd på. Den relativa volymskillnaden mellan den skördarmätta volymen illustreras stamvis i figur 5.8. nedan.



Figur 5.8. Illustrerar den relativa volymskillnaden av den skördarmätta utifrån den manuellt beräknade volymen av contortatall på trakt Flyktnölen med olika barkfunktioner.

Sambandet mellan den manuellt beräknade och den skördarmätta stammen redovisas i figur 5.9 nedan och där den enskilda stammens volym illustreras av de blå punkterna. En punkt ovanför det röda strecket visar på att skördaren har en högre volym än den manuellt beräknade volymen, medans en punkt under det röda strecket visar på att skördaren en lägre volym än den manuellt beräknade volymen. Vid granskning av figur 5.9 nedan blir det tydligt att tyngdpunkten av skördarens volymunderskattning ligger i de grövre stammarna.



Figur 5.9. Spridningsdiagrammet visar sambandet mellan den manuellt beräknade volymen och den skördarmätta volymen vid användning av barkfunktionen *Skogforsk Tall*. Den röda linjen illustrerar var punkterna borde hamna om de två volymuppskattningarna stämde överens med varandra.

Stammar som var utsatta för bräckage, dubbeltoppar, slirskador och krökar noteras för att se om dessa faktorer påverkade volymen för enskild stam. I tabell 5.3. som följer här nedan finns nummer på de stammar som hade diverse defekter. Resultatet visar att det egentligen bara är stam 27 som avviker stort i volym ifrån den manuellt kuberade volymen.

Tabell 5.3. Tabellen visar vilka stammar som har dubbeltoppar och slirskador.

Slirskador	Stam nr:	9, 11, 14
Krök	Stam nr:	14, 27

Genom att omräkna skördarens volym från barkfunktionen *Skogforsk Tall* till *Skogforsk Gran*, ökar medelstammen från 197,6 dm³ till 203,4 dm³. Vid byte av barkfunktion från *Skogforsk Tall* till *Skogforsk Gran* ökar hela samplets volym med 2,9 procentenheter och visar då ett resultat på -1,9 procent mot den manuellt beräknade volymen. Genom hypotesprövningen *stickprov i par* med den förinställda barkfunktionen kan man med 99 procents säkerhet säga att denna skördare underskattar volymen under dessa förhållanden med en trasig diametergivare.

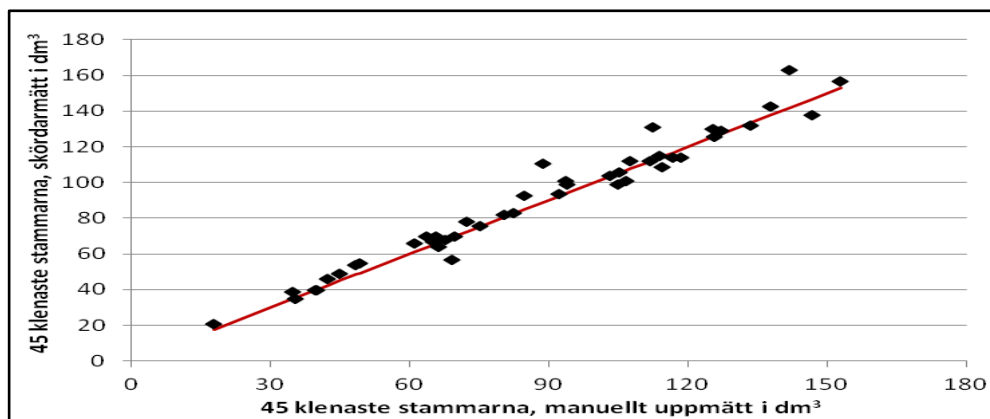
5.5. Traktsammanställning

Trakt 1, Grönhälsberget, avverkad med John Deere 1270 D, visade en underskattning av volymen på -1,7 procent i förhållande till den manuellt beräknade volymen med en stam som avviker stort från facit. Trakt 2, Ässjöberget, avverkad med Ponsse Dual, överskattade den totala volymen med +4,4 procent medan Trakt 3, Flyktnölen, avverkad med John Deere 1270 D, med en trasig diametergivare, underskattade volymen med -4,8 procent. Samtliga skördare använde sig av *Skogforsk Tall* som barkfunktion. I tabell 5.4 kan man utläsa trakternas enskilda totalvolym och den procentuella avvikelsen från den manuellt beräknade volymen. Dessutom kan man utläsa hur stor avvikelsen blir vid en sammanslagning av alla tre trakter.

Tabell 5.4. Illustrerar en traktsammanställning av alla tre trakter.

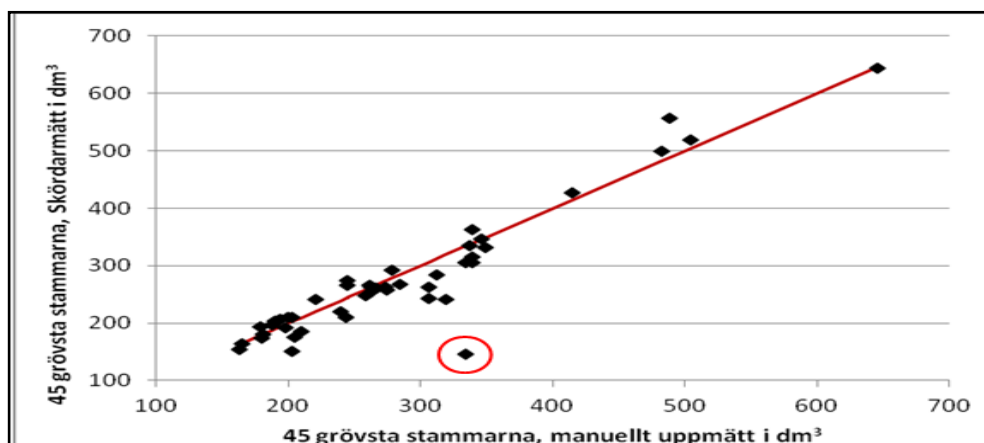
Trakt	Medelstam, dm ³	Skördad volym, dm ³	Man.beräknad volym, dm ³	Volymfel
1	264,9	7 946	8 084	-1,7%
2	84,2	2 525	2 419	4,4%
3	197,6	5 928	6 224	-4,8%
Totalt		16 399	16 727	-2,0%

Nedan i figur 5.10 och i figur 5.11 redovisas sambandet mellan den skördarmätta volymen och den manuellt uppmätta volymen vid en hopslagning av alla tre trakter. Varje svart punkt representerar en stamvolym rapporterad av skördaren med den förinställda barkfunktion. Figur 5.10 representerar de 45 klenaste stammarna och man kan se en tendens att skördaren överskattar fler stammar än vad den underskattar, vilket förmodligen beror på trakt 2, Ässjöberget, som har en låg medelstam och en volymöverskattning på hela trakten.



Figur 5.10. Spridningsdiagramet visar de 45 klenaste träden vid en hopslagning av alla tre trakterna. Den röda linjen illustrerar var punkterna borde hamna om de två volymuppskattningarna stämde överens med varandra.

Figur 5.11 nedan representerar de 45 grävsta stammarna. Man kan se att i de grövre dimensionerna är antalet stammar som skördaren underskattar något flera än de stammar som skördaren överskattar volymen på. Detta beror förmodligen på att trakt 1, Grönhälsberget och trakt 2, Flyktnölen, visade en volymunderskattning av volymen på de enskilda trakterna och hade dessutom de högsta medelstammarna.



Figur 5.11. Spridningsdiagramet visar de 45 grävsta träden vid en hopslagning av alla tre trakterna. Den röda linjen illustrerar var punkterna borde hamna om de två volymuppskattningarna stämde överens med varandra.

När alla tre trakterna är hopslagna kan man i figur 5.10 utläsa att de 45 klenaste stammarna förutom tre har ett starkt samband med den manuellt uppmätta volymen med den använda barkfunktionen *Skogforsk Tall*. Även figur 5.11 visar på ett relativt starkt samband med några fler stammar under linjen än över linjen, men med lite större avvikelser. Stammen som är inringad med en röd ring är stam nr.16 från trakt 1, Grönhälsberget, som avvek stort i det samplet.

6. DISKUSSION

Holmen upplever stora skillnader mellan produktionsrapporterad och inmätt volym av contortatall, där man upplever att skördaren rapporterar en högre volym än vad som mäts in inne på industrin. Utgångspunkten för denna studie var att kontrollera om skördaren mäter rätt vid avverkning av contortatall eller om den överskattar volymen. I sådant fall skall studien försöka fånga upp vilka faktorer som påverkar volymmätningen. Tre stycken trakter besöktes på Holmens marker i nordvästra Hälsingland för att samla in data och trakterna avverkades med olika maskiner. När resultatet var bearbetat och fastställt visar det sig att två av tre trakter; trakt 1, Grönhälsberget och trakt 3, Flyktnölen, redovisar en underskattning av traktvolymen, vilket inte ligger i linje med hypotesen att skördaren skulle överskatta volymen. Min egen subjektiva åsikt utifrån vad resultatet visar utifrån de givna förutsättningarna vid en hopslagning av alla tre trakter, är att skördaren inte överskattar volymen av contortatall. Jag tycker att figur 5.10 och figur 5.11 i resultatdelen visar på ett starkt samband mellan den skördade och den manuellt beräknade volymen när alla tre trakter behandlas som en trakt. Nu är ju detta ett litet sampel, men det ger kanske en fingervisning om att felet kan ligga någon annanstans. Det skulle exempelvis kunna vara så att vid avverkning av contortatall kalibrerar man inte maskinerna i samma utsträckning som man gör för de andra trädslagen och att det kan vara en potentiell orsak till den upplevda volymöverskattningen för just contortatallen.

En annan fråga som denna studie skulle finna svar på var vilken barkfunktion som används av skördaren vid avverkning av contortatall. Samtliga tre skördare använde sig av *Skogforsk Tall* som barkfunktion vid avverkningen av contortatall, vilket går helt emot vad Skogforsk rekommenderar då det skulle leda till en volymunderskattning (Björn Hannrup, Teknik & Virke, Skogforsk, personlig kommunikation 2012-09-18). Saknaden av en unik barkfunktion lyser igenom och jag tror att innan man har skaffat en egen barkfunktion för contortatall är det svårt att ställa högre krav på skördarmätningen än vad de nu levererade. Ässjöberget, trakt 2, med en låg medelstam på $84,2 \text{ dm}^3$, har redan med *Skogforsk Tall* som barkfunktion en signifikant överskattning av medelstammens volym med cirka 4 procent i förhållande till den manuellt mätta volymen ($p < 0,001$). Felet blir ännu större, runt 12 procent vid byte till barkfunktion *Skogforsk Gran*. Personligen tror jag att denna maskin inte blev rätt kalibrerad alltså att den systematiskt överskattar volymen för den givna medelstammen då den överskattar cirka 80 procent av stammarna på denna trakt.

För trakt 1, Grönhälsberget och trakt 3, Flyktnölen, uppvisar skördarna en underskattning av den totala volymen. Ett byte till *Skogforsk Gran* som barkfunktion skulle generera en ökning på 2,6 respektive 2,9 procent, vilket framgår i resultatet. Detta skulle då resultera i en volym på hela samplet som stämmer bättre överens med den manuellt kuberade volymen, helt i linje med Skogforsk rekommendation. För dessa två trakter är medelstammen förhållandevis hög, $264,9$ respektive $197,6 \text{ dm}^3$. Jag stöder Skogforsks rekommendation med att man

skall använda sig av *Skogforsk Gran* som barkfunktion vid avverkning av contortatall, men det skulle inte vara lösningen på problemställningen för denna studie. Vid ett byte av barkfunktion till *Skogforsk Gran* i skördaren vid avverkning av contortatall mäts volymen förmodligen bättre av skördaren, men dagens upplevda skillnad mellan den produktionsrapporterade och den inmätta volymen skulle då bli högre och gå åt fel håll. Detta tycker jag stöder min tidigare hypotes att felet kan ligga någon annanstans än vid skördarmätningen.

Innan jag gjorde denna studie hade jag en föreställning om att vid skördning av contortatall är det vanligt med bräckage, vilket gjorde att jag hade förhoppningar att se hur frekvent ett bräckage uppstod och hur det påverkade volymen. Dessa tre trakter var helt befriade ifrån bräckage, vilket jag blev förvånad över. Förmodligen skulle det kunna förklaras med att min teori var helt fel och att jag hade fått en felaktig uppfattning om skördning av contortatall. Men det skulle också kunna vara så att dessa tre trakter avverkades under augusti, mitt under växtsäsongen, när träden är starka och sega. En teori kan vara att träden har andra egenskaper en annan del av året. Contortatallen är kanske skörare under vinterhalvåret med hårdare kvistar och blir därigenom mera svårkvistade vilket möjligen kan leda till ett bräckage. Det kan även tänkas att barktjockleken på contortatallen är tjockare under växtsäsongen och sjunker ihop under vintern, vilket också borde påverka skillnaderna mellan den produktionsrapporterade och den verkliga volymen eftersom en barkfunktion inte känner av årstiderna.

Det som framgår i trakt 1 och som kan utläsas i figur 5.2, är att det finns tre stycken stammar, en stam som jag inte kan förklara och två stycken med dubbeltoppar, som avviker ganska mycket ifrån den manuellt kuberade volymen. Utan dessa tre stammar skulle volymen av hela trakten stiga från -1,7 till +2,5 procent i förhållande till den manuellt beräknade volymen och medelstammen skulle öka från 265 till 274 dm³, vilket då skulle ligga i linje med den tidigare hypotesen att skördaren överskattar volymen. Vad som gör att de avviker kan jag direkt inte svara på. Man skulle kunna tänka sig att de skördades med bägge topparna i aggregatet och på det viset genererade en lägre volym. Men nu var så inte fallet i detta sampel, utan topparna avverkades var för sig och borde inte påverka volymen i negativ riktning. En tänkt orsak till detta skulle kunna vara att stammen delade sig i klykan och att stammen på detta vis får en oval form som skördaren har svårt att fånga upp. Det nämndes i litteraturstudien att skördarna är konstruerade för att aldrig öka diametern under pågående process. Om skördaren har registrerat diametern av stammen på den smalaste ledde, följer diametern med ända tills trädet når en lägre diameter längre fram, vilket skulle kunna förklara den avvikande volymen på dessa stammar. Jag är ganska säker på att nästa generation skördare mäter längd och diameter beröringsfritt med hjälp av laser, vilket borde eliminera dylika problem (Andersson, 2008).

Vid en hopslagning av alla tre trakterna visar det sig att sambandet mellan den å ena sidan manuellt beräknade volymen och den å andra sidan av skördaren beräknade volymen var starkt men att det i medeltal blir en volymunderskattning, vilket förklaras av att de två trakterna som hade den högsta traktvolymen också

var de två som underskattade volymen. Tabell 6.1 nedan är hämtad ur resultatdelen och visar en sammanställning av samtliga trakter och den totala volymen vid en sammanslagning av trakterna.

Tabell 6.1. Illustrerar en traktsammanställning av alla tre trakter.

Trakt	Medelstam, dm ³	Skördad volym, dm ³	Man.beräknad volym, dm ³	Volymfel
1	264,9	7 946	8 084	-1,7%
2	84,2	2 525	2 419	4,4%
3	197,6	5 928	6 224	-4,8%
Totalt		16 399	16 727	-2,0%

Vid traktvis redovisning varierar resultaten mellan trakterna ganska mycket, från -4,8 till + 4,4 procent, vilket jag tycker är ett ganska stort spann. Det som är intressant om man slår ihop samtliga trakter är att volymen underskattas med endast -2,0 procent med den förinställda barkfunktionen, vilket borde vara en acceptabel nivå då det inte finns någon egen barkfunktion vid avverkning av contortatall.

Mina egna subjektiva slutsatser baserade på resultatet är följande. Vikten av en kalibrerad maskin är det centrala om skördaren överhuvudtaget skall kunna mäta de rätta volymerna. Trakt 3 som hade en diametergivare som var trasig borde naturligtvis inte vara med i denna studie, men jag tycker ändå att man kan dra några slutsatser utifrån denna trakt. För det första ser man att vid byte av barkfunktion från *Skogforsk Tall* till *Skogforsk Gran*, ökar medelvolymer med cirka 3 procentenheter, ungefär samma ökning som för trakt 1. Detta kanske inte är så konstigt då medelstammarna trakterna emellan var snarlika. Det andra som jag tänker på är att det kanske är så här som det fungerar många gånger. Det är möjligen att man inte är lika noggrann med att kalibrera skördaren vid avverkning av contortatall som ändå bara går till massaved. Informationen om problemet med en felrapporterad volym av contortatall måste bli tydligare. I framtiden tillverkar vi förmodligen sågade trävaror av trädslaget, vilket ställer andra kvalitetskrav vid skördningen av contortatall än de krav som ställs nu när den går till massaved.

Det bör ligga i entreprenörens och uppdragsgivarens intresse att maskinen rapporterar rätta volymer och rätt medelstam på trakten även för contortatall, då den inmätta volymen vid industri oftast ligger till grund för betalningen till entreprenören. Ibland är kanske avverkningsvolymerna stora och det blir fort stora pengar för endera entreprenören eller uppdragsgivaren att ligga ute med, vilket belyser vikten av att skördaren mäter rätt volym. Sammanslagningen av alla tre trakter visar som nämnts en underskattning av volymen på -2 procent. Detta tycker jag är en acceptabel nivå när det inte finns någon egen barkfunktion till skördare vid avverkning av contortatall. Vid användning av *Skogforsk Gran* som barkfunktion skulle den sammanlagda volymen av dessa tre trakter visa på en skördad volym på +1,5 procent i förhållande till den manuellt beräknade volymen.

Två trakter, Grönhälsberget och Flyktnölen, skulle bli mera lika den manuellt beräknade volymen vid byte till *Skogforsk Gran* som barkfunktion, vilket borde vara bra, men detta skulle alltså inte bidra till lösningen av studiens problemställning. Sammantaget tror jag att om maskinerna är rätt kalibrerade och är inställd på *Skogforsk Gran* som barkfunktion mäter förmodligen dagens skördare volymen av contortatall relativt tillfredsällande och det känns som att felet ligger någon annanstans än hos skördaren. Trakt 2, Ässjöberget, visade stora avvikelser i den skördade volymen oavsett om barkfunktion *Skogforsk Tall* eller *Skogforsk Gran* användes. En hypotes kan vara att denna maskin systematiskt överskattar volymen vid skördning vid given medeldiameter, vilket i sådana fall skulle förklara den stora avvikelsen, men för att säkerhetsställa detta bör fler mätningar göras på denna maskin.

Ytterligare en fundering som jag har är hur virket hanteras efter skördningen. Det kan tänkas att det inte är samma kvalitetskrav på contortatallens virke som det är på de övriga barrträden och man behandlar väglagret lite annorlunda. Tiden som väglager är kanske mycket längre för contortatall jämfört med de övriga trädslagen. En lång lagringstid vid väg bör generera substansförluster i form av torkning, vilket i sådant fall borde göra att skördarens inrapporterade värden hamnar för högt. Jag tycker att man bör kontrollera hur långa ledtiderna egentligen är på contortatallens väglager. Detta är bara en hypotes, men jag tror att det kan vara en potentiell felkälla.

Ett sätt att kontrollera skördarens volym kontra inmätningens volym skulle kunna vara en kontrollmätning utan ledtider. Avverkning av contortatall är relativt ny i Sverige och erfarenheten vid inmätningen borde vara begränsade. Rutinerna vid inmätningen bör kanske kontrolleras och kalibreras. Man borde kunna mäta ett sampel av virke direkt utan ledtider efter skörning, mäta in efter dagens rutiner och där man sedan totalmäter samplet för att senare kunna jämföra resultaten. Det borde kunna ge en fingervisning om rutinerna vid mätstationerna även för contortatall är tillförlitliga eller om de behöver ändras. Det finns förmodligen åtskilliga potentiella felkällor till denna problemställning och vi har bara undersökt en bråkdel av dessa och problemet är nog inte helt lätt att spåra. Utifrån de givna förutsättningarna i denna studie tycker jag resultatet ändå pekar mot att vi kan säga att skördaren inte ligger till grund för den upplevda överskattningen. Troligen ligger felet någon annanstans.

Jag tycker att svagheten i studien är att det är få trakter där några enstaka maskiner har använts till dataunderlaget och att alla maskinerna fick möjligheten att kalibreras innan avverkningen. Det skulle ha varit intressant att kolla volymen av 30 stycken stammar vid en oannonserad mätning och sedan 30 stycken stammar efter att maskinerna har blivit kalibrerade. Dessutom tror jag att årstiden spelar en ganska stor roll för hur volymuppskattningen blir i skördaren och det skulle vara intressant att göra studien under vintertid. Styrkorna i studien är att man med de givna förutsättningarna vid en sammanslagning, kan se att sambandet mellan den manuellt beräknade och den skördarmätta volymen är relativt stark. Dessutom använde samtliga tre skördare *Skogforsk Tall* som barkfunktion, vilket

enligt Skogforsk bör generera att skördaren underskattar den skördade volymen och detta stämmer väl överens med studiens resultat vid en sammanslagning av samtliga trakter (Björn Hannrup, Teknik & Virke, Skogforsk, personlig kommunikation 2012-09-18).

7. SAMMANFATTNING

Holmen Skog, Region Iggesund, har hittat stora volymskillnader mellan den produktionsrapporterade och den vid industrin inmätta volymen av contortatall. Den produktionsrapporterade volymen ligger klart högre än den inmätta. Syftet med föreliggande studie var att försöka ta reda på vad skillnaden beror på för att kunna komma tillrätta med problemet.

Tre stycken trakter med contorta som avverkades av olika maskiner besöktes för insamling av data. Dessa undersöktes för att se om skördarna överskattar volymen och i sådant fall uppmärksamma vilka faktorer som påverkar volymmätningen. Slumpmässigt valdes 30 stycken stammar på varje trakt ut, vilket fick utgöra underlaget i denna studie. Faktorer som barkfunktioner, bräckage, dubbeltoppar, krökar och slirskador noterades och alla stammarna kuberades manuellt. Volymskillnaden mellan den manuellt bestämda och den skördarmätta volymen ingick sedan i en hypotesprövning där metoden *”stickprov i par”* användes för att undersöka om de skördarmätta värdena signifikant överskattade de manuellt beräknade.

Resultatet visar dock att för de undersökta 90 träden redovisar skördarna i genomsnitt en underskattning och inte en överskattning av volymen. Studien är visserligen mycket liten men resultatet pekar ändå mot att problemet därmed inte ligger i skördarmätningen utan någon annanstans.

Gemensamt för samtliga tre maskiner var att de använde sig av Skogforsk barkfunktion för tall som barkfunktion vid skördning av contortatallen, vilket inte rekommenderas. Behovet av en unik barkfunktion för contortatall är tydligt. Vidare visar studien att en hög frekvens av dubbeltoppar påverkar volymmätningen.

8. LITTERATURFÖRTECKNING

8.1. Publikationer

Andersson, E. (1987). Pinus contorta Trä och vedegenskaper. (*Rapport/Sveriges Lantbruksuniversitet*, 1987 nr.186). Uppsala.

Andersson, M. (2008). Beröringsfri mätning kan ge bättre aptering. (*Skogforsk Resultat nr.16*). Uppsala.

Anon. (1992). Contortatallen i Sverige - en lägesrapport. (*Contortautredningen. Jönköping: Skogsstyrelsen*)

Anon. (2011). Skogsvårslagstiftningen. (Jönköping: Skogsstyrelsen.)

Berg, P. (1992). Utrustning för berörande längd och diamettermätning för skogsmaskiner. (*Rapport. Trätek*). Stockholm

Cory, N. (2010). Contortatallen i Sverige. (*Skogsdata 2010. s.13-20. Umeå. Institutionen för skoglig resurshållning*).

Elving, B., Ericsson, T., & Rosvall, O. (2001). The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden - a review. *Forest Ecol. Manage. 141: 15-29*.

Hägglund, B., Karlsson, C., Remröd, J., & Siren, G. (1979). Contortatallens produktion i Sverige och Finland. (*Sveriges Lantbruksuniversitet*). Umeå

Hagner, S. (1989). Så blev contortatallen Sveriges tredje barrträd. (*Sveriges Skogsvårdsförbund* , ss. 50-70).

Hannrup, B. (2004). Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. (*Skogforsk. Arbetsrapport nr.575*).

Hannrup, B, Lundgren, C. (2012). Utvärdering av Skogforsk nya barkfunktioner av tall och gran – En utvärderings studie. (*Skogforsk. Arbetsrapport nr.762*). Uppsala.

Möller, J. (2003). Betalningsgrundande skördarmätning. (*Skogforsk. Resultat nr.10*). Uppsala.

Möller, J. (2000) Teknik för stora engreppsskördare-aggregatet. (*Skogforsk. Resultat nr.3*). Uppsala.

Möller, J. (2007) Virkesvärdestest 2006 - mätnoggrannhet. (*Skogforsk. Resultat nr.5*). Uppsala.

Möller, J. (2006) Kvalitetssäkring av skördarens mätning. (*Skogforsk. Resultat nr.5*). Uppsala.

Nellbeck, R. (1969). Den nya skogen. (*Iggesunds Bruk*). Sundsvall

Nordgren, O., & Elfving, B. (1995). Tall eller contorta. (*Sveriges lantbruksuniversitet*). Uppsala.

Remröd, J. (1982) Contortatallen i sitt hemland. (*Sveriges Skogsvårdsförbund* , nr.1-2.s 13-16).

Sennblad, G. (2008). Apterling och virkeskännedom III. (*Firma Småskog*). Hedemora.

Ståhl, P. (2009). Produktionshöjande åtgärder. Skogssötselserien nr.16 (*Skogsstyrelsen*).

Skogsstyrelsen. (2011). Skogsstatistisk årsbok. (*Skogsstyrelsen*). Jönköping.

8.2 Internetlänkar

Länk A:

SDC (2013). [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=2013> [2013-03-11]

Länk B:

SDC (2012). [Online] Tillgänglig: <http://www.sdc.se/default.asp?id=1074&ptid=> [2012-06-31]

Länk C:

SDC (2012). Mätinstruktioner. [Online] Tillgänglig: http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdfiler_VMUVMK/M%C3%A4tningsinstruktioner/M%C3%A4tningsinstruktioner%20f%C3%B6r%20rundvirkessortiment%20VMR%201-99.pdf [2012-06-31]

Länk D:

Holmen (2012). [Online] Tillgänglig: <http://www.holmen.com/sv/Om-Holmen/Om-Holmen/> [2012-07-05]

Länk E:

Holmen (2012). [Online] Tillgänglig: <http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Sustainability/GRI/GRI%20uppdelade%20PDFer/SV%208-11.pdf?282959> [2012-07-05]

Länk F:

Holmen (2013). [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Skog/Om-Holmens-skogar/Skogsfakta/>
[2013-02-19]

Länk G:

SkogsSverige (2012) [Online] Tillgänglig:
<http://skogssverige.se/node/38314>
[2012-07-06]

Länk H:

SkogForsk (2013) [Online] Tillgänglig:
<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Gallra/Gallringsprogram-och-stamval/Gallring-i-contorta>
[2012-03-11]

Länk I:

Holmen (2013). [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Publications/Handledningar/Riktlinjer%20f%C3%B6r%20uth%C3%A5lligt%20skogsbruk%202011.pdf?1005212>
[2013-02-19]

9 BILAGOR

Bilaga 1 Blankett över mätpunkter av manuell kubering

Kubering enligt VMF

Korsklavning. Da 10 cm in på toppändan

Stam, nr:	Rotstock							Klassbott, cm	
	Da,0,1 m	Da,0,5 m	Da,1,2 m	Da,2,2 m	Da,3,2 m	Da,4,2 m	Da,5,2 m	Da _{Topp}	Längd
Stock 1									
Stock 2									
Stock 3									
Stock 4									

	D _R	D _T	Längd	Stambrott	Kvist	Slirskada	Krök	Dub.topp
Stock 1								
Stock 2								
Stock 3								
Stock 4								

Barkdata, Skogforsk

Rotstock

Från rotskär	0,5 m		1,2 m		Topp		Total Längd
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	
Diameter							
Barkthjocklek							

Tot.Längd=från rotskär

Stock 2	Rot		Topp			
	D1	D2	D1	D2	Längd	Tot.Längd
Diameter						
Barkthjocklek	xxx	xxx			xxx	xxx

Tot.Längd=från rotskär

Stock 3	Rot		Topp			
	D1	D2	D1	D2	Längd	Tot.Längd
Diameter						
Barkthjocklek	xxx	xxx			xxx	xxx

Tot.Längd=från rotskär

Stock 4	Rot		Topp			
	D1	D2	D1	D2	Längd	Tot.Längd
Diameter						
Barkthjocklek	xxx	xxx			xxx	xxx